色觉疲劳、语义饱和对颜色范畴知觉的即时影响*

吴柏周[1]　李　杰[1,2]　何　虎[1,2]　贾缨琪[2]　冯慎行[1]

([1]内蒙古自治区心理学重点实验室; [2]内蒙古师范大学教育科学学院, 呼和浩特 010022)

摘　要　颜色范畴知觉究竟是语言的还是知觉的, 或两者交互引起的认知冲突所致仍在探究与争议之中。本研究采用色觉疲劳和语义饱和操作分别独立地改变知觉或语义加工, 观察二者对颜色范畴知觉效应的即时影响, 以期探究语言和知觉对颜色范畴的作用。结果显示, 色觉疲劳操作导致范畴间颜色辨别反应时减少, 颜色范畴效应增强。语义饱和操作导致被饱和颜色词所属的范畴内颜色辨别反应时增加, 颜色范畴效应增强。说明单独改变知觉或语义加工能力均能影响 CCP 效应, 支持了语言标签对比模型, 即语言与知觉的交互作用引起颜色范畴知觉的观点。

关键词　颜色范畴知觉; 色觉疲劳; 语义饱和; 语言普遍论; 语言相对论

分类号　B842.5

1　引言

颜色范畴知觉(Categorical Perception of Color, CCP)效应是指在进行颜色辨别任务时, 同名颜色(范畴内颜色, within-category, 简称 WC)的辨别要比异名颜色(范畴间颜色, between-category, 简称 BC)更慢或正确率更低。CCP 效应在消除了颜色刺激间的知觉差异后仍然存在(Witzel & Gegenfurtner, 2016), 提示在颜色知觉过程中存在其他影响因素。

众多研究发现语言能够影响 CCP 效应。跨语言研究(He, Li, Zhang, & Zhang, 2016; Winawer et al., 2007)发现不同语言使用者具有不同的 CCP 效应, 显示语言可能影响 CCP 而且 CCP 效应在右视野比左视野更强(Drivonikou et al., 2007; Gilbert, Regier, Kay, & Ivry, 2006; Zhong, Li, Huang, Li, & Mo, 2017), 范畴间和范畴内辨别能够造成左半球更大的激活差异(Liu et al., 2009; Mo, Xu, Kay, & Tan, 2011)。Gilbert 等人(2006)认为, 处理右视野信息的左半球, 对右利手而言一般为语言优势半球, 因此右视野 CCP 效应更强可能是由于语言对左半球的影响更大而导致的。但也有研究发现在尚未掌握语言的婴儿和灵长类动物也具有颜色范畴(Franklin et al., 2008a; Franklin et al., 2005; Skelton, Catchpole, Abbott, Bosten, & Franklin, 2017; Tajima et al., 2016; Yang, Kanazawa, Yamaguchi, & Kuriki, 2016), 而且婴儿左视野 CCP 效应强于右视野(Franklin et al., 2008a; Franklin et al., 2008b)。说明颜色知觉加工也对 CCP 效应发挥作用。

由于知觉和语言对 CCP 效应的作用都有大量证据支持, 很难彻底否定其中一方。因此, 近来普遍趋向于建立一个能够包容二者观点的整合或折衷模型(张积家, 方燕红, 谢书书, 2012)。语言标签对比模型(categorical/verbal label comparisons model, VLC) (Roberson & Hanley, 2010)是一个典型的整合模型, 该模型比较明确、具体地解释了语言和知觉如何相互影响及 CCP 效应如何产生等关键问题。VLC 模型认为, 当知觉系统开始加工一个颜色刺激时, 视觉/知觉(visual/perceptual)编码会首先被表征, 然后与之相

收稿日期：2018-01-30

* 国家自然科学基金项目(31460250)、内蒙古自治区高等学校“青年科技英才支持计划”A 类基金项目(NJYT-18-A03)、内蒙古自然科学基金项目(2018MS03009)资助。

通讯作者：李杰, E-mail: healthlj2004@163.com

应的语言/范畴(verbal/categorical)编码也迅速得到表征，接着比较器会无意识、自动化地辨别颜色的异同，最后在认知控制中对两种编码结果做出选择。在辨别范畴间颜色时，视觉和语言编码都是“异” (different)，在比较时没有冲突。对范畴内颜色辨别来说，视觉/知觉编码是“异” (different)，但语言/范畴编码却是“同” (same)，在认知比较时产生冲突，导致反应时增大(Hu, Hanley, Zhang, Liu, & Roberson, 2014)。VLC 模型预设了语言与知觉各自有相互独立的作用，而且 CCP 效应既非知觉的结果也非语言的结果，甚至本质上不是一种知觉现象。语言和知觉各自独立地对颜色信息进行编码，颜色词代表的颜色范畴编码和知觉编码的结果产生冲突才是导致 CCP 的直接原因。

已往的研究主要采用被试特征作为自变量，如语种差异(俄语对比英语)、语用差异(婴儿对比成人)等，认为被试特征能够将语言和知觉对 CCP 效应的影响分离。然而，不同语种或语用状态的被试所处的生活环境也不同，他们从中获取的颜色经验也不可避免的存在差异。这些非语言变异混入语言变异之中，会削弱语言影响 CCP 的可靠性。比如，语言并不是婴儿与成人之间唯一的差异，二者在颜色知觉经验和生理发育程度上也迥异。虽然采用脑电和神经成像方法能够在一定程度上克服这一问题，但仍难以对固化的 CCP 效应进行实验性操作，研究者只能根据先存的事实来解释实验结果，而不能对结果进行有效控制。尽管也有很多研究对语言进行了实验操作(刘强，陈安涛，王琪，周柳，孙弘进, 2008; 钟伟芳，李悠，徐贵平，秦凯鑫，莫雷, 2014; Gilbert et al., 2006)，但直接对颜色知觉进行实验性操作的研究还较少。按照 VLC 模型的观点，颜色辨别过程中知觉和语言各自独立编码颜色，在认知控制中二者的交互作用引起 CCP。这提示可以分别对被试的知觉和语言加工进行实验性控制，观察在知觉或语言功能单独改变时 CCP 效应将如何变化。如此可更明确的区分出语言与知觉各自对 CCP 的作用，进而检验 VLC 模型。本研究通过实验性、即时性、分离的改变被试的色觉或语义加工能力，考查 CCP 效应的变化。实验 1 通过色觉疲劳干扰色觉加工能力，探索知觉变化对 CCP 效应的影响。实验 2 通过语义饱和干扰被试对被饱和词汇的语义加工能力，探索语言加工变化对 CCP 效应的影响。

本研究涉及视觉搜索、色觉疲劳和语义饱和三个实验任务，分别描述如下：

视觉搜索任务是CCP研究中较多使用的实验范式，被试需要从围绕中央注视点呈现的12个色块(背景)中找唯一一个不同颜色的色块(目标)。如果背景色与目标色为同一颜色范畴，则为范畴内辨别，不同则为范畴间辨别。

色觉是颜色知觉的前提，色觉疲劳是受检者对于一个有色目标长时间凝视后，原有目标渐渐地加上了后像，乃至变的模糊，最后几乎达到茫然无所见的状态。研究显示，通过闪烁彩光可以使被试出现色觉疲劳(李凤鸣, 1995)。C.Cogan 和 G.Cogan (1938)认为色觉疲劳是被试对彩色光的感知出现异常。颜色后像是一种典型的色光感觉异常，因此他们定义视觉疲劳的持续时间等于被试注视彩色光线后产生的视觉后像的持续时间。他们的研究表明，在注视 15 秒的红光后，在视角为 10°的灰屏中会产生持续 14~18 秒的视觉疲劳。本研究采用同一范畴的两种颜色反复频闪作为疲劳刺激，干扰被试的色觉加工能力。实验预期色觉疲劳操作将干扰被试的色觉加工能力，使色觉编码在任务中的作用下降，而语义编码的作用相对提高，使范畴内辨别变慢，范畴间辨别变快，增强 CCP 效应。

语义饱和是一种可以有效干扰被试语义加工能力的实验方法，在反复多次加工一个词汇后对涉及该词的语义判断任务会变慢。这种现象在汉字中也存在(郑昭明，赖惠德, 2012; Yuan, Carr, Ding, Fu, & Zhang, 2016)，而且这种现象并非知觉加工所致，而是与语义加工有关的语言现象(Lewis & Ellis, 2000;

Galmar, 2012)。本研究采用频繁的语义判断任务，这可以使被饱和词的加工变慢(Jakobovits & Lambert, 1961)，进而干扰被试的语义加工能力。

需要注意的是，以往对语言进行实验操作的研究都是通过额外任务使被试在颜色辨别时无法利用整个语言功能(Gilbert et al., 2006; 刘强 et al., 2008)，而语义饱和只干扰某一具体颜色词的加工，并不影响其他语言功能。因此，语义饱和对 CCP 的影响方式可能与前人研究有所不同。预期语义饱和操作会干扰被饱和词的语义编码，使提取该词变困难。

2 实验 1：色觉疲劳对颜色范畴知觉的影响

2.1 实验目的

通过色觉疲劳操作，干扰被试的颜色知觉，观察其对 CCP 效应的影响。

2.2 研究方法

2.2.1 被试

30 名被试, 8 男 22 女，年龄 18~23 岁，平均 21 岁，标准差 1.37，均为右利手，视力或矫正视力正常，无色盲、色弱，未参加过类似实验。实验后给予一定报酬。首先要求被试对实验中使用的颜色块材料进行命名, 6 种颜色块各呈现 6 次，共 36 个试次，最多允许错误 1 个。27 名符合要求的被试进入正式实验。

2.2.2 刺激与设备

刺激呈现于 17 吋显示器，刷新率为 75Hz。疲劳操作以绿、蓝、紫范畴中各 2 个深浅不同的颜色和灰色作为背景。RGB 色值依次为：(129, 198, 153)、(63, 119, 94)、(61, 120, 134)、(135, 182, 227)、(120, 98, 135)、(181, 155, 226)和(178, 178, 178)。背景上横列 3 个视角为 0.45°的图形(圆形或三角形)，当背景颜色为深彩色时，图形颜色为同范畴下的浅色，反之亦然。灰色背景下图形为黑色, RGB 色值为:(0, 0, 0)。视觉搜索任务采用绿、蓝、紫范畴中各 2 个色值，边长为 3.5cm 的色块。RGB 色值依次为：G1(120, 171, 143)、G2(120, 171, 165)、B1(120, 171, 186)、B2(125, 153, 187)、P1(147, 140, 187)和 P2(148, 120, 188)。CIE-Lu*v*空间距离为：G1-G2：17.1, G2-B1：17.3, B1-B2：17.4, B2-P1：17.3, P1-P2：17.4，范畴间和范畴内颜色的平均 CIE 距离相等(17.3 vs 17.3)。视觉搜索任务与疲劳操作使用的颜色不同是为了增加疲劳操作中背景与图形的对比度，利于进行图形识别，保证被试能接受持续的颜色刺激。

2.2.3 实验设计

采用 2(视野：左视野 vs 右视野) × 2(疲劳程度：有 vs 无) × 2(范畴类型：范畴内 vs 范畴间)三因素被试内设计。视野变量为视觉搜索任务中不同色块出现的位置，注视点左边为左视野(LVF)，右边为右视野(RVF)。疲劳程度变量为背景是否为彩色频闪。疲劳条件(F)下的背景是同一范畴内的两种颜色以 50Hz 的频率切换。无疲劳条件下的背景是恒定的灰色，作为基线数据。范畴类型变量为颜色对中两种颜色的关系，两种颜色同属一个范畴为范畴内条件(WC)，分属两个范畴为范畴间条件(BC)。

为了避免过度疲劳，每名被试只对两种颜色范畴进行疲劳操作。各个条件均在被试间平衡，每种疲劳范畴下 18 人次。疲劳和无疲劳操作各 4 次，随机出现，每次操作后进行 12 个试次的视觉搜索任务, 8 次为范畴内条件, 4 次为范畴间条件。共 96 个试次。疲劳绿色后，视觉搜索任务中的颜色对为 G1-G2, B1-B2 以及 G2-B1；疲劳紫色后的颜色对为 B1-B2, P1-P2, B2-P1；疲劳蓝色后的颜色对，一半为 G1-G2, B1-B2, G2-B1；另一半为 B1-B2, P1-P2, B2-P1。无疲劳条件后的视觉搜索任务也拆分为以上三种情况。

2.2.4　实验程序

正式实验开始前，使用黄色块让被试进行 4 次简短练习以熟悉实验过程，待全部正确后直接进入正式实验。被试距离屏幕 90cm，正对屏幕中央，颜色块内边与被试所注视的中央注视点夹 4.5°角。疲劳操作时，被试需要在不同条件下进行判断屏幕中间的图形与哪边的图形相一致，如果与左边的图形一致按“q”，与右边的一致按“p”，告知被试须做对足够多的次数后方可进入下一阶段，以确保被试注意屏幕，达到疲劳效果。完成疲劳任务后，呈现“即将开始视觉搜索任务”的提示语，800 ms 后出现 1000 ms 的注视点，然后进入视觉搜索任务。任务中，要求被试从围绕屏幕中央注视点“+”的 12 个颜色块中找出唯一一个与其他颜色不一致的色块。如果该色块在注视点的左边就按“f”，在右边就按“j”。每次颜色块只呈现 200 ms，被试要在随后 1800 ms 内做出判断，然后呈现下一组颜色块，颜色块只会呈现在左右两侧各自距离中央注视点最远的 2 个位置上，见图 1。疲劳操作结束后要求被试休息，直至眼部无不适感并且主观报告屏幕中没有彩光(实际屏幕为灰色)，即没有视觉后像。方可继续实验。

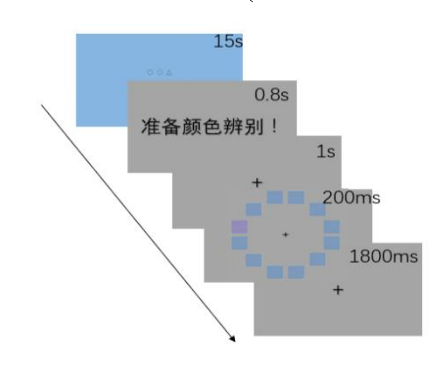


图 1　疲劳任务实验流程图

2.3　结果与分析

去除正确率低于 90%的 1 名被试的数据，对 26 名被试的数据进行统计分析，去除的错误值和 2 倍标准差之外的值约为总数据的 9%。反应时数据见表 1。

表 1　不同条件下被试的反应时($M \pm SD$, ms)

范畴	左视野(LVF)		右视野(RVF)	
	疲劳	无疲劳	疲劳	无疲劳
范畴内(WC)	328 ± 91	315 ± 92	308 ± 81	305 ± 80
范畴间(BC)	285 ± 75	297 ± 90	269 ± 63	290 ± 96

对正确率进行三因素重复测量方差分析显示，视野主效应显著，F (1, 25) = 7.46, p = 0.011, η_p^2 = 0.230，左视野(0.95)显著低于右视野(0.98)；范畴主效应显著，F (1, 25) = 14.91, p = 0.010, η_p^2 = 0.374，范畴内(0.95)显著低于范畴间(0.98)。其他效应均不显著，F < 3.79, p > 0.063。

对反应时进行三因素重复测量方差分析，视野主效应显著，F (1, 25) = 5.19, p = 0.032, η_p^2 = 0.172，左视野(306 ms)显著慢于右视野(293 ms)；范畴主效应显著，F (1, 25) = 49.25, p < 0.001, η_p^2 = 0.663。范畴与疲劳程度的交互作用显著，F (1, 25) = 49.25, p < 0.001, η_p^2 = 0.663，简单效应分析，WC 条件下疲劳条件(318 ms)慢于无疲劳条件(307 ms)，但差异不显著，F(1, 25) = 1.50, p = 0.233; BC 条件下疲劳条件(277 ms)显著快于无疲劳条件(294 ms)，F (1, 25) = 6.76, p = 0.015, η_p^2 = 0.213。其余效应不显著，F < 1.59, p > 0.219,

见图 2。

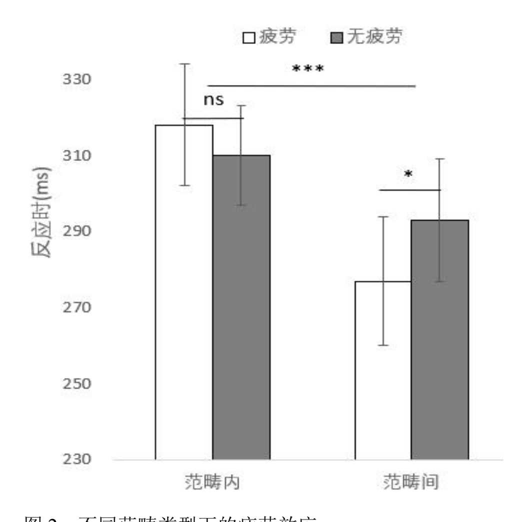


图 2　不同范畴类型下的疲劳效应

注：***表示 $p < 0.001$，*表示 $p < 0.05$，

ns 表示 $p > 0.05$，误差线为标准误，下同。

采用 Gilbert 等人(2006)的统计方法，对不同范畴和疲劳条件下 CCP 效应的强度(范畴内反应时−范畴间反应时)进行二因素重复测量方差分析显示，疲劳程度主效应显著 $F(1, 25) = 13.18$, $p = 0.001$, $\eta_p^2 = 0.345$，疲劳(41 ms)强于无疲劳条件(17 ms)。其余均无显著差异，$F < 0.21$, $p > 0.648$。

由于每次疲劳操作后的视觉搜索任务中都存在两种范畴内颜色对，一种与疲劳操作所用的颜色范畴一致，另一种与疲劳操作所用的颜色范畴不一致。如疲劳绿色后可能会出现 G1-G2 颜色对或 B1-B2 颜色对。疲劳操作对二者的影响可能不同。因而又将两种范畴内条件分为一致条件(范畴内颜色对与疲劳操作颜色属于同一范畴)与不一致条件(范畴内颜色对与疲劳操作颜色属于不同范畴)进行比较。对不同疲劳程度的正确率和反应时数据分别进行视野与范畴类型(一致−范畴内 vs 不一致−范畴内)的二因素方差分析(共进行 4 个统计分析)显示，疲劳条件下视野主效应在正确率上显著，$F(1, 25) = 6.09$, $p = 0.022$, $\eta_p^2 = 0.194$，左视野(0.92)显著低于右视野(0.96)；在反应时上边缘显著，$F(1, 25) = 3.98$, $p = 0.057$, $\eta_p^2 = 0.137$，左视野(328 ms)慢于右视野(307 ms)。其他效应均不显著，正确率：$F(1, 25) < 2.10$, $p > 0.160$；反应时：$F(1, 25) < 3.42$, $p > 0.076$。

为了排除疲劳刺激中不同颜色范畴可能对其他变量造成的影响，对疲劳颜色类型(绿、蓝、紫)与其他实验变量(视野，疲劳，范畴)进行四因素方差分析显示，四因素交互作用不显著(反应时：$F(4, 98) = 0.69$, $p = 0.603$;正确率：$F(4, 98) = 0.19$, $p = 0.945$)，说明疲劳刺激的颜色类型不影响实验结果。

2.4　讨论

实验 1 使用颜色频闪产生色觉疲劳以考察 CCP 效应的变化。结果发现范畴间辨别在疲劳条件下显著快于无疲劳条件，范畴内辨别在疲劳条件下慢于无疲劳条件，但不显著。CCP 效应增强。这可能是由于疲劳操作干扰了被试对色觉的知觉编码能力，结果使语义编码的作用相对上升，促使 CCP 效应增强。不过，范畴内辨别所用颜色的语义始终相同，被试最终只能用知觉信息完成任务。因此，即便知觉加工能力被干扰，语义信息也难以发挥作用。这可能是范畴内条件下的反应时有差异，但不显著的原因。

实验 1 的结果一方面说明 CCP 效应背后的认知过程中存在知觉信息的加工，成人正常的知觉加工能力对 CCP 效应起抑制作用。另一方面提示视觉搜索任务中存在语义加工。语义信息利于范畴间辨别，不利于范畴内辨别，因此被试更多的利用语义信息完成任务时 CCP 效应会变强。为了进一步检验语义加工的作用，实验 2 采用语义饱和操作干扰被试的语义加工能力以探索其对 CCP 效应的影响。

3 实验 2：语义饱和对颜色范畴知觉的影响

3.1 实验目的

采用语义饱和的实验操作，观察颜色词对颜色范畴知觉的作用。

3.2 研究方法

3.2.1 被试

24 名被试，男性 5 名，女性 19 女，年龄 18~24 岁，平均年龄 20.5 岁，标准差 1.10，被试状况与实验 1 相同。有 22 名被试进入正式实验。

3.2.2 刺激和设备

语义饱和操作的实验材料为呈现于屏幕中央的边长 5.5cm 的正方形汉字双字词。其中有三种颜色词(绿色，蓝色，紫色)，三种表情词(脸色，眼色，神色)和三种植物词(绿茶，蓝莓，紫藤)。选择植物词和表情词作为填充刺激的目的是避免被试仅注意双字词中的单独一字便可准确判断，以使被试对词义进行完整加工。每种颜色词均使用宋体和华文仿宋两种字体呈现。由于反复呈现完全相同的字形可能产生知觉疲劳，这可能影响视觉呈现的语义判断任务，但不影响概念层次的语义加工。为了避免知觉疲劳的影响，实验中采用了宋体和华文仿宋呈现词汇。其他同实验 1。

3.2.3 实验设计

采用 2(视野：左视野 vs 右视野) × 2(饱和程度：高 vs 低) × 2(范畴类型：范畴内 vs 范畴间)三因素被试内设计。视野变量和范畴变量同实验 1。饱和程度变量由饱和操作中颜色词出现次数与表情词出现次数的多少进行区分，高饱和条件为被试要判断 60 个颜色词、6 个表情词或与被饱和颜色词的色彩相同的植物词(偏差词)。低饱和条件为被试要在短时间内注视 60 个表情词、6 个颜色词(偏差词)。两种条件各 12 次，随机出现。每种颜色词(绿色，蓝色，紫色)和表情词各被饱和 4 次，植物词只作为填充刺激出现。实验中先进行饱和操作，然后进行 12 个试次的视觉搜索任务。每名被试共完成 288 个试次。

3.2.4 实验程序

首先检验被试是否能够正确判断实验用词的含义，每个词判断 2 次，共 36 个试次，全部正确后进入实验。被试阅读完指导语后进行 4 次练习，全部正确后直接进入正式实验。饱和操作时，被试要判断屏幕中的词汇是指颜色还是表情或植物，如果是颜色就按“q”，表情或植物按“p”，被试判断完后间隔 150 ms 呈现下一词汇。告知被试做对足够多次才能进入下一阶段，以确保被试加工词义，达到饱和效果。共呈现 60 个目标词和 6 个偏差词。其中每 7 个刺激中会随机出现 1 个偏差词，最后的 12 个刺激不出现偏差词。完成饱和后进行 12 个试次的视觉搜索任务，过程同实验 1，见图 3。每次任务后被试休要进行休息。

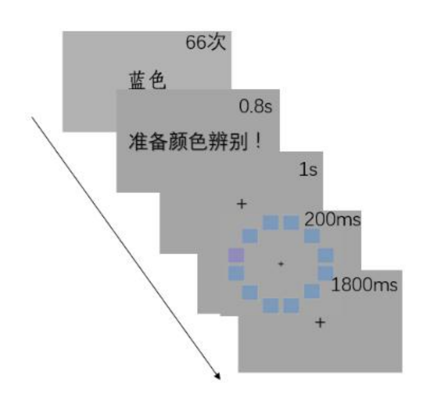


图 3　语义饱和实验流程

3.3　结果与分析

剔除 1 名有效数据率(排除了错误值和极端值的数据)小于 80%的被试，对 21 名有效数据率高于 80%的被试进行统计分析，去除的错误值和 2 个标准差外的值约占总数据的 5%。反应时数据见表 2。

表 2　不同条件下被试的反应时($M \pm SD$, ms)

范畴	左视野(LVF)		右视野(RVF)	
	疲劳	无疲劳	疲劳	无疲劳
范畴内(WC)	289 ± 45	290 ± 45	281 ± 39	280 ± 35
范畴间(BC)	267 ± 40	270 ± 44	255 ± 26	256 ± 28

对正确率进行三因素重复测量方差分析显示，范畴主效应显著, $F(1, 20) = 20.94, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.511$, WC 条件(0.97)显著低于 BC 条件(0.99)；视野与范畴交互作用显著, $F(1, 20) = 4.61, p = 0.044, \eta_p^2 = 0.187$，但没有发现显著的简单效应, $p > 0.079, \eta_p^2 < 0.146$。其他效应均不显著, $F(1, 20) < 1.97, p > 0.180$。对反应时进行三因素重复测量方差分析显示，视野主效应显著, $F(1, 20) = 6.22, p = 0.022, \eta_p^2 = 0.237$，左视野(279 ms)显著慢于右视野(268 ms)；范畴的主效应显著, $F(1, 20) = 69.36, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.776$, WC (285 ms)显著慢于 BC (262 ms)。其余效应均不显著, $F(1, 20) < 1.54, p > 0.229$。

由于语义饱和操作只会影响被饱和词汇的加工，范畴内条件存在两种类型的颜色，一种属于被饱和词汇所指的颜色范畴，另一种不属于。二者可能受到语义饱和操作不同的影响。因此，将两种范畴内条件分为一致条件与不一致条件进行比较。对不同饱和程度的正确率和反应时数据分别进行视野与范畴类型(一致 vs 不一致)二因素方差分析显示，低饱和条件下的正确率和反应时均无显著结果，正确率：$F(1, 20) < 3.64, p > 0.071$；反应时：$F(1, 20) < 3.13, p > 0.092$。对高饱和条件的正确率和反应时进行方差分析显示，反应时的范畴主效应显著, $F(1, 20) = 10.82, p = 0.004, \eta_p^2 = 0.351$，一致−范畴内(291 ms)显著慢于不一致−范畴内(279 ms)。其他条件均无显著差异, $F(1, 20) < 3.20, p > 0.089$。由于高饱和条件下两种范畴内条件出现了显著差异，饱和操作对两种范畴内条件的影响不同，故将实验 2 的范畴类型分为一致−范畴内条件(Y-WC)不一致−范畴内条件(N-WC)与范畴间条件(BC)进行分析，见表 3。

表 3　语义饱和任务不同条件下被试的反应时($M \pm SD$, ms)

范畴	左视野(LVF)		右视野(RVF)	
	高饱和	低饱和	高饱和	低饱和
一致–范畴内(Y-WC)	295 ± 49	293 ± 49	287 ± 40	280 ± 36
不一致–范畴内(N-WC)	284 ± 43	286 ± 46	274 ± 39	279 ± 37
范畴间(BC)	267 ± 40	270 ± 44	255 ± 25	256 ± 28

对反应时进行三因素重复测量方差分析显示，视野主效应显著, F (1, 20) = 5.67, p = 0.027, η_p^2 = 0.221，左视野(283 ms)显著慢于右视野(272 ms)；范畴主效应显著, F (1, 20) = 33.65, p < 0.001, η_p^2 = 0.780, 范畴与饱和程度交互作用显著, F (1, 20) = 4.67, p = 0.022, η_p^2 = 0.330。简单效应分析显示，低饱和条件下 Y-WC (287 ms)与 N-WC (283 ms)差异不显著, p = 0.38，但二者显著慢于 BC (263 ms), p < 0.001。高饱和条件下 Y-WC (291 ms)显著慢于 N-WC (279 ms, p = 0.004)与 BC (261 ms, p < 0.001), N-WC 显著慢于 BC, p < 0.001，其他效应均不显著, F < 0.88, p > 0.431，见图 4。

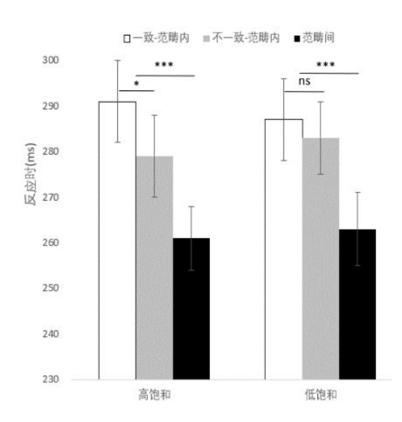


图 4　不同范畴类型的饱和效应

分别计算两种 CCP 效应强度。Y-WC 与 BC 的差值为一致-CCP, N-WC 与 BC 的差值为不一致-CCP。对 CCP 效应进行视野 x 一致类型 x 饱和程度的三因素重复测量方差分析显示，一致类型主效应显著, F (1, 20) = 4.41, p = 0.049, η_p^2 = 0.181；一致类型与饱和程度交互作用显著, F (1, 20) = 8.47, p = 0.009, η_p^2 = 0.298，简单效应分析发现，高饱和条件下一致 CCP (30 ms)强于不一致 CCP (18 ms), F (1, 20) = 10.77, p = 0.004, η_p^2 = 0.350；低饱和条件下二者无显著差异(23 ms vs 19 ms), F (1, 20) = 0.77, p = 0.390。其他效应均不显著, F (1, 20) < 1.48, p > 0.239。

3.4　讨论

实验 2 的反应时数据发现，高饱和条件下一致–范畴内反应时变慢，说明被试会利用语义信息完成任务。然而，实验 2 的结果与 Gilbert 等人(2006)的实验结果并不相同，这可能是由于语义饱和任务与前人采用的语义干扰任务的特点有所不同导致的。

Gilbert 等人(2006)分别用 8 位数字回忆任务和单个颜色词再认任务干扰语言加工，结果发现右视野 CCP 效应发生了反转，范畴间和范畴内的辨别反应时都向削弱 CCP 效应的方向变化。刘强等人(2008)将 Gilbert 等人所用的颜色词刺激改成无意义的二字词刺激，却未发现 CCP 效应被干扰，也没有发现偏侧化。虽然两次实验的结果不同，但其出发点均是通过额外任务占用语义功能，使被试在视觉搜索任务

中无法利用语义信息。但语义饱和任务并不会占用视觉搜索任务中的语义功能，反而需要被试在视觉搜索任务前大量调用语义功能。因此，虽然语义饱和操作干扰了被试对被饱和词的语义加工，但却没有抑制被试利用语义功能完成任务。因此，在一致–范畴内条件下被饱和颜色词的提取出现困难，结果导致反应变慢。

实验 1 和实验 2 中考察了疲劳和饱和操作对被试颜色知觉的影响。其逻辑是色觉疲劳会干扰色觉加工能力，却不会干扰语义加工能力；语义饱和操作会干扰被试的语义加工能力，却不会干扰色觉加工能力。旨在观察在单独干扰一种信息加工方式的情况下 CCP 效应的变化。然而，实验 1 中未考察色觉疲劳是否影响语义加工，实验 2 中也未直接验证饱和操作是否的确能影响语义加工。因此，实验 3 在疲劳和饱和操作后加入语义判断任务，考察疲劳和饱和操作是否能够影响语义加工。

4 实验 3：疲劳操作和饱和操作后的语义加工

4.1 实验目的

检验疲劳操作和饱和操作是否引起了被试语义加工能力的变化。

4.2 研究方法

4.2.1 被试

30 名被试，男性 4 名，女性 26 名，年龄 19~24 岁，平均年龄 20.2 岁，标准差 1.42。被试情况同实验 1。正式实验开始前要求被试评定实验词汇与图片的匹配程度。共 24 名被试进入正式实验，平均随机分配到实验 3a 与 3b。

4.2.2 刺激和设备

实验 3 将疲劳和饱和操作后进行的视觉搜索任务替换为语义判断任务。三种颜色词各有四个样例，每种颜色词再匹配 4 个黑白色调的词汇，共 24 个样例词，分别为：绿色(草原、嫩叶、芹菜、猕猴桃)；蓝色(南海、地球、天空、太平洋)；紫色(茄子、葡萄、洋葱、薰衣草)；黑色调或白色调(木耳、煤炭、冰雪、大米饭，咸盐、酱油、糖精、纯牛奶，芝麻，面粉、蚂蚁和老陈醋)。其余刺激与实验 1、2 相同。

4.2.3 实验设计

实验 3a 为疲劳操作后接语义判断，实验 3b 为饱和操作后接语义判断。均采用 2(疲劳程度：有 vs 无、饱和程度： 高 vs 低) × 2(匹配性：匹配 vs 不匹配) × 2(延迟时间：2 秒 vs 11 秒以上)被试内设计。疲劳程度，饱和程度变量与实验 1、2 相同，匹配性条件为样例词所指的事物颜色与颜色词含义是否一致。每种颜色词有 4 个匹配样例和 4 个黑白色调的不匹配样例。延迟时间为疲劳/饱和操作后进行语义判断的时间间隔。每种条件下 6 个试次，共 48 个试次，每个词在不同疲劳/饱和条件下呈现 1 次。样例词的呈现顺序和按键在被试间平衡。

4.2.4 实验程序

在疲劳/饱和操作后呈现 1000 ms 注视点，然后在注视点靠上位置呈现 1 个类别词，1000 ms 后在注视点靠下位置呈现 1 个样例词，要求被试判断下方词汇所指事物的颜色是否属于上方词汇。属于按“f”，不属于按“j”，按键在被试间平衡。判断完后呈现 8000 ms 的空屏，然后呈现 500 ms 的“*”号。随后呈现新的词对，进行第二次语义判断，然后重新进行疲劳或饱和操作。

4.3 结果与分析

参照语义饱和研究的普遍方法(Tian & Huber, 2010, 2013; Yuan, et al, 2016; 张积家，刘翔，王悦，2014)，合并匹配条件的数据。由于每种条件下的数据较少(12 个)，且每种实验刺激的重复次数较少(每个样例词汇仅重复 2 次)，数据中可能产生较多的极端值。参照语义饱和范式的处理方法，采用中数反应时代表被试反应(Tian & Huber, 2010; Yuan, et al, 2016)。

实验中剔除错误值及 3000 ms 以上和 300 ms 以下的数据，共去除 8% (3a)和 10% (3b)的数据。每种条件下的平均正确率在 95%以上。对实验 3a 的正确率和反应时进行二因素重复测量方差分析，均无显著差异。正确率：$F(1, 11) < 0.45, p > 0.515$；反应时：$F(1, 11) < 1.14, p > 0.078$。

实验 3b 的数据分析显示，正确率无显著差异，$F(1, 11) < 1.21, p > 0.295$。反应时的饱和程度主效应显著，$F(1, 11) = 5.15, p = 0.044, \eta_p^2 = 0.319$，高饱和(1176 ms)显著慢于低饱和(1118 ms)；延迟时间的主效应显著，$F(1, 11) = 14.63, p = 0.003, \eta_p^2 = 0.571$，第一次(1238 ms)显著慢于第二次(1056 ms)；交互作用不显著，$F(1, 11) = 0.04, p = 0.839$。

4.4 讨论

由于颜色始终保持不变的事物较少，被试评价一致的词汇材料不足，无法进行大量的语义判断任务。故实验 3 仅在 2 个时间点中插入语义判断任务。同时考虑到被试在两次任务之间的等待时间较多，可能会使注意分散。实验 1 和实验 2 中被试完成一半视觉搜索任务的总时间为提示语(800 ms) + 注视点(1000 ms) + 6 × (刺激呈现时间(200 ms) + 等待时间(1800 ms)−最后一个试次的等待时间(1800 ms) ≈ 12 秒，因此选择在疲劳和饱和操作后 2 秒与 11 秒插入任务，第一次任务的反应时间(1 秒以上)加上饱和操作与第二次判断的时间间隔(11 秒)与完成一半视觉搜索任务的时间基本相等。

实验 3a 的结果显示，疲劳操作后语义功能未发生变化。实验 3b 的结果显示，饱和操作对语义加工的干扰可以保持到被试完成一半视觉搜索任务。为了检验实验 2 中两部分数据是否存在差异，将反应时数据分为前半部分和后半部分进行四因素方差分析，结果四因素交互作用不显著，$F(2, 19) = 0.204, p = 0.817, \eta_p^2 = 0.021$，说明实验变量对两部分数据的影响是一致的，可以合并分析。实验 2 的视觉搜索任务是在语义饱和状态下进行的。

5 综合讨论

本研究通过对知觉和语言分别的实验性操作，旨在观察独立地、即时地改变知觉或语言功能对 CCP 效应的影响。在疲劳操作下，被试的语言加工没有发生变化，但色觉加工能力却发生了变化，结果改变了 CCP 效应，说明在产生 CCP 效应的加工机制中存在知觉加工；在语义饱和操作下，被试知觉加工能力没有发生变化，但语义加工能力发生了变化，同样改变了 CCP 效应，说明产生 CCP 效应的加工机制中存在语义加工。与采用被试特征作为变量的研究相比，本研究分别检验知觉和语言对 CCP 效应的影响，操作性更强，干扰因素更少。

本研究的结果证实 CCP 效应受到知觉和语言的双重影响，符合 VLC 模型的基本观点。VLC 模型明确提出了颜色范畴信息加工的编码、对比和决策阶段，即知觉信息会使被试对范畴间或范畴内辨别时均会做出“异”判断，二者的辨别没有差异，但语义信息会使被试对范畴内辨别做出“同”判断，而对范畴间辨别做出“异”判断。由于范畴内辨别与实际的色觉信息并不一致，产生了认知冲突并导致了 CCP 效应。脑电研究的结果也为该模型提供了一定的证据，Liu 等人(2010)发现右视野 CCP 效应与范畴内颜色辨别

时语言信息的抑制有关。Holmes, Franklin, Clifford 和 Davies (2009)发现被试在 Oddball 任务加工的早期，加工范畴间刺激时，大脑后部位置的 P1 和 N1 的潜伏期要短于加工范畴内刺激，但在任务加工的后期，加工范畴间刺激时的 P2 和 P3 成分要强于加工范畴内刺激，显示出知觉和语言的双重作用。

然而, VLC 模型未探究知觉编码和语言编码所蕴含的具体加工过程，这会使 VLC 模型难以对一些现象做出更细致的解释。比如 Hu 等人(2014)认为认知加工偏向语言编码会使被试在范畴间辨别时更快地做出 “异”判断。但被试仅凭知觉编码也可以独立地产生“异”判断，语义信息和知觉信息此时都没有认知冲突，语义信息并不一定比知觉信息效果更好。另外，实验 1 发现被试在疲劳条件下(色觉加工能力更差)有更强的 CCP 效应，说明色觉信息会抑制 CCP 效应。然而，有研究发现灵长类动物和前语言阶段的婴儿也存在 CCP 效应(Franklin et al., 2005; Franklin et al., 2008a; Skelton et al., 2017; Tajima et al., 2016)。这提示色觉信息对 CCP 效应的抑制作用并非与生俱来的。在一定条件下色觉也可能对 CCP 效应起促进作用。成人被试对颜色知觉的心理加工已经受到了语言经验的影响，可能使早期的知觉 CCP 效应转换成了语言 CCP 效应(Franklin et al., 2008a)。但根据 VLC 模型的看法，若没有语言的参与就不会有知觉和语言之间的冲突，那么 CCP 效应将不会存在。这这提示 VLC 模型仍存在完善空间。

事实上，影响 CCP 效应的原因可能来自三方面，即：知觉独立影响、语言独立影响和知觉−语言交互影响。VLC 模型主要对知觉−语言的交互作用进行了论述，而对知觉和语言各自的具体加工机制有待进一步研究。实验 2 中发现饱和操作对一致−范畴内颜色辨别的影响说明语言加工模块内部状态的变化也会改变 CCP 效应。后续研究应当采用更好的方法打开 CCP 效应中知觉编码和语言编码的“黑箱”，探讨语言编码和知觉编码的内部机制对 CCP 效应的影响。

对知觉和语言的具体加工方式的研究上，近来出现了一种新的看法，有研究者(Abbott, Griffiths, & Regier, 2016, Tajima et al., 2016)采用贝叶斯模型，从经验学习和演化的角度研究了颜色范畴的产生和分辨。Tajima 等人(2016)认为色调选择神经元(hue-select neurons)在知觉水平上与不同波长的色光精细对应，只有少数色光可以使其兴奋。而范畴选择神经元(categories-select neurons)与很宽的波长范围内的色光对应，该范围内的色光均可使其兴奋。人的颜色范畴知觉是两类神经元兴奋水平复合的结果。贝叶斯模型描述了信息加工模块内发生的“微观现象”，而 VLC 模型描述的是信息加工模块间的“宏观现象”。未来的研究可以将认知模块内部的微观机制与外部的宏观机制结合起来。同时，更进一步的脑机制研究也将为颜色范畴知觉模型和本研究的结论提供更充分的证据。

6 结论

CCP 效应同时需要知觉信息和语义信息的参与，改变两种信息的加工能力可以影响 CCP 效应。在成人中，知觉信息对 CCP 效应起抑制作用，语义信息对 CCP 效应起促进作用，支持 VLC 模型。

参考文献

Abbott, J. T., Griffiths, T. L., & Regier, T. (2016). Focal colors across languages are representative members of color categories. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 113*(40), 11178–11183.

Berlin, B., & Kay, P. (1969). Basic color terms: their universality and evolution. *Berkeley: University of California Press*.

Cheng, C. M., & Lai, H. D. (2012). The mechanism underlying Chinese orthographic decomposition. *Advances in Psychology, 2*(4), 163−172.

[郑昭明，赖惠德. (2012). 汉字的解体及其机制. *心理科学进展, 2*(4), 163–172.]

Cogan, F. C., & Cogan, D. G. (1938). Recovery time from color fatigue in the peripheral visual field. *Ophthalmologica, 96*(4–5), 267–276.

Franklin, A., Drivonikou, G. V., Bevis, L., Davies, I. R. L., Kay, P., & Regier, T. (2008a). Categorical perception of color is lateralized to the right hemisphere in infants, but to the left hemisphere in adults. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105*(9), 3221–3225.

Franklin, A., Drivonikou, G. V., Clifford, A., Kay, P., Regier, T., & Davies, I. R. (2008b). Lateralization of categorical perception of color changes with color term acquisition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105*(47), 18221–18225.

Gilbert, A. L., Regier, T., Kay, P., & Ivry, R. B. (2006). Whorf hypothesis is supported in the right visual field but not the left. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 103*(2), 489–494.

Galmar, B. (2012). Verbal satiation of Chinese bisyllabic words: a semantic locus and its time course. *Palm.mindmodeling.org.*

Holmes, A., Franklin, A., Clifford, A., & Davies, I. (2009). Neurophysiological evidence for categorical perception of color. *Brain Cognition, 69*(2), 426–434.

He, H., Li, J., Zhang, Y., & Zhang, S. (2016). Language affects perception: evidence from Mongolian. *Paper presented at the 16th International Conference on the Processing of East Asian Languages, Guangzhou, China.*

Hu, Z., Hanley, J. R., Zhang, R., Liu, Q., & Roberson, D. (2014). A conflict-based model of color categorical perception: evidence from a priming study. *Psychonomic Bulletin & Review, 21*(5), 1214–1223.

Lewis, M. B., & Ellis, H. D. (2000). Satiation in name and face recognition. *Memory & Cognition, 28*(5), 783–788.

Li, F. M. (1995) Handbook of ophthalmology. *People's Medical Publishing House.*

[李凤鸣. (1995). 眼科全书. *人民卫生出版社.*]

Liu, Q., Chen, A. T., Wang, Q., Zhou, L., & Sun, H. J., (2008). An evidence for the effect of categorical perception on color perception. *Acta Psychologica Sinica, 40*(1), 8–13.

[刘强，陈安涛，王琪，周柳，孙弘进. (2008). 知觉加工中存在颜色类别知觉效应的证据. *心理学报, 40*(1), 8–13.]

Liu, Q., Li, H., Campos, J. L., Teeter, C., Tao, W., Zhang, Q., & Sun, H. J. (2010). Language suppression effects on the categorical perception of colour as evidenced through ERPs. *Biological Psychology, 85*(1), 45–52.

Liu, Q., Li, H., Campos, J. L., Wang, Q., Zhang, Y., Qiu, J., & Sun, H. J. (2009). The N2pc component in ERP and the lateralization effect of language on color perception. *Neuroscience Letters, 454*(1), 58–61.

Mo, L., Xu, G., Kay, P., & Tan, L. H. (2011). Electrophysiological evidence for the left-lateralized effect of language on preattentive categorical perception of color. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108*(34), 14026–14030.

Roberson, D., & Hanley, J. R. (2010). Relatively speaking: An account of the relationship between language and thought in the color domain. In B. C. Malt & P. Wolff (Eds.), Words and the mind: How words capture human experience (pp. 183–198). *New York, NY: Oxford University Press.*

Skelton, A. E., Catchpole, G., Abbott, J. T., Bosten, J. M., & Franklin, A. (2017). Biological origins of color categorization. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 114*(21), 5545–5550.

Tajima, C. I., Tajima, S., Koida, K., Komatsu, H., Aihara, K., & Suzuki, H. (2016). Population code dynamics in categorical perception. *Scientific Reports, 6*, 22536.

Tian, X., & Huber, D. E. (2010). Testing an associative account of semantic satiation. *Cognitive Psychology, 60*(4), 267–290.

Winawer, J., Witthoft, N., Frank, M. C., Wu, L., Wade, A. R., & Boroditsky, L. (2007). Russian blues reveal effects of language on color discrimination. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 104*(19), 7780–7785.

Witzel, C., & Gegenfurtner, K. R. (2016). Categorical perception for red and brown. *Journal of Experimental Psychology Human Perception & Performance, 42*(4), 540–570.

Yang, J., Kanazawa, S., Yamaguchi, M. K., & Kuriki, I. (2016). Cortical response to categorical color perception in infants investigated by near-infrared spectroscopy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 113*(9).

Yuan, J., Carr, S., Ding, G., Fu, S., & Zhang, J. X. (2016). An associative account of orthographic satiation in Chinese characters. *Reading and Writing, 30*(3), 631–651.

Zhang, J. J., Fang, Y. H., & Xie, S. S. (2013). Interactive theory of color cognition and its evidence. *Advances in Psychological Science, 20*(7), 949–962.

[张积家，方燕红，谢书书. (2012). 颜色词与颜色认知的关系:相互作用理论及其证据. *心理科学进展, 20*(7), 949–962.]

Zhang, J. J., Liu, X., & Wang, Y. (2014). On the semantic satiation of Chinese-English bilinguals. *Foreign Language Teaching and Research (bimonthly), 46*(3), 423–435.

[张积家，刘翔，王悦. (2014). 汉英双语者语义饱和效应研究. *外语教学与研究, 46*(3), 423–434.]

Zhong, W., Li, Y., Huang, Y., Li, H., & Mo, L. (2017). Is the lateralized categorical perception of color a situational effect of language on color perception?. *Cognitive Science, 42*(3), 1–15.

Zhong, W., Li, Y., Xu, G., Qin, K., & Mo, L. (2014). Short-term trained lexical categories cause a shift of color categorical perception from right hemisphere to left hemisphere. *Acta Psychologica Sinica, 46*(4), 450.

[钟伟芳，李悠，徐贵平，秦凯鑫，莫雷. (2014). 短期习得的语言范畴使成人大脑右半球颜色范畴知觉转为左半球颜色范畴知觉. *心理学报, 46*(4), 450–458.]

Categorical perception of color can be instantly influenced by color vision fatigue and semantic satiation

Wu Baizhou[1]; Li Jie[1, 2]; He Hu[1, 2]; Jia Yingqi[2]; Feng Shenxing[1]

([1] The Key Laboratory of Psychology, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China)

([2] College of Educational Science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China)

Abstract

Categorical perception of color (CCP) refers to the phenomenon by which the discrimination of between-category (BC) colors (i.e., colors that fall into different color categories) is faster and more accurate than the discrimination of within-category (WC) colors (i.e., colors that belong to the same category). Theoretical controversy exists regarding the influence of perception and language on CCP. The perception-based view holds that, although different lexical codes may be used, language does not affect CCP. In contrast, the language-based view suggests that language can influence the speaker's thought, and thus, language exerts an influence on CCP. Several studies of CCP have provided evidence supporting both views. In recent years, a new theory, the categorical/verbal label comparisons (VLC) model, has been developed in which it is argued that cognitive conflict between a combination of semantic and perceptual processes leads to CCP, and thus, this effect is essentially one of cognitive processing rather than perceptual recognition or lexical codes. This study attempts to investigate the role of perception and language in CCP by changing participants' ability to process information regarding either color vision or semantics.

In this study, participants were required to perform a visual search task to find the only chip (object) that was different in color from 12 other chips (background) around a fixation point. The participants were asked to press "f" when the object was presented to the left of the fixation point and "j" when the object was presented to the right of the fixation point. In Experiment 1, color vision fatigue was used to disturb the color vision of

26 university students who were randomly selected to perform a shape discrimination task unrelated to CCP. In the fatigued condition, two colors belonging to the same category flickered on the screen at 50 Hz for 15 s, and then, 12 trials of the visual search task were performed. In the nonfatigued condition, a constant gray background was presented on the screen lasting 15 s, followed by the visual search task. In Experiment 2, semantic satiation was used to disturb the semantic processing of 22 university students who were randomly selected to perform a meaning-judgment task unrelated to CCP, in which the meaning of a word on the screen was either that of a color or a facial expression. In the high-satiation condition, 60 equivalent color words and 6 noncolor words were judged, and then, 12 trials of the visual search task were performed. In the low-satiation condition, 60 equivalents facial expression words and 6 color words were judged, followed by the visual search task.

A 3-way repeated measures ANOVA was performed on the RT data from Experiment 1 (category type x degree of color vision fatigue x visual field). The results indicated that the interaction between category type and the degree of color vision fatigue was significant, $F(1, 25) = 49.250$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.663$. Color vision fatigue was associated with increased RTs for within-category colors (not significant) and with significantly decreased RTs for between-category colors, $F(1, 25) = 6.760$, $p = 0.015$, $\eta_p^2 = 0.213$. A 2-way repeated measures ANOVA was performed on CCP effects (the RTs for the within-category condition minus the RTs for the between-category condition), and the results indicated that the main effect of the degree of color vision fatigue was significant, $F(1, 25) = 13.183$, $p = 0.001$, $\eta_p^2 = 0.345$, such that the fatigued condition (41 ms) produced stronger CCP effects than the nonfatigued condition (17 ms). These results indicated that color vision fatigue increased the effect of CCP in participants. In Experiment 2, since semantic satiation only disturbs the word being satiated without disturbing the others, the two types of stimuli in the WC condition may have been affected differently. Based on whether the meaning of the two colors in the WC condition was identical to the meaning of the satiating word, the WC condition was split into two conditions: identical-WC and nonidentical-WC. A 3-way repeated measures ANOVA was performed on the RT data from Experiment 2, and the results indicated that the interaction between category and the degree of semantic satiation was significant, $F(1, 20) = 4.674$, $p = 0.022$, $\eta_p^2 = 0.330$. A simple effects analysis found that the RTs in the two WC conditions were not significantly different from the RTs in the low-satiation condition (287 ms for identical vs 283 ms for nonidentical, $p = 0.377$), but both WC condition RTs were slower than those in the BC condition (263 ms, $p < 0.001$). The RTs for the identical-WC condition (291 ms) were slower than both those in the nonidentical-WC condition (279 ms, $p = 0.004$) and those in the BC condition (261 ms, $p < 0.001$). A 3-way repeated measures ANOVA was performed on CCP effects (condition x degree of satiation x visual field), and the results indicated that the interaction between identical type conditions and the degree of satiation was significant, $F(1, 20) = 8.471$, $p = 0.009$, $\eta_p^2 = 0.298$. A simple effects analysis found that the identical-WC condition (30 ms) produced a stronger CCP effect than the nonidentical-WC condition (18 ms) in the high-satiation condition, $F(1, 20) = 10.772$, $p = 0.004$, $\eta_p^2 = 0.350$, but this comparison was not significant in the low-satiation condition (23 ms vs 19 ms), $F(1, 20) = 0.773$, $p = 0.390$. These results indicated that semantic satiation increased CCP effects in participants in the identical-WC condition. In sum, the results of these experiments indicated that semantic processing was not influenced by color vision fatigue, but it was influenced by semantic satiation.

Linguistic relativism cannot explain the perceptual effects found in Experiment 1, and linguistic universalism cannot explain the semantic effects found in Experiment 2; only the VLC model can explain all the results of this study. Therefore, this study supports the VLC model. Participants' color vision was disturbed by color vision fatigue, such that the role color vision information played in visual search task performance was decreased, and the effect of semantic information was increased. As a result, the effect of CCP increased in Experiment 1. In Experiment 2, the participants' semantic processing of the satiated word was disturbed by semantic satiation, leading to difficulty in extracting the meaning of the satiated word. Therefore, RTs in the identical-WC condition were slowed, and the effect of CCP was increased.

Keywords: categorical perception of color; color vision fatigue; semantic satiation; linguistic universalism; linguistic relativism